

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-80944

(P2004-80944A)

(43) 公開日 平成16年3月11日(2004.3.11)

(51) Int. Cl.⁷
H02K 1/26F1
H02K 1/26
H02K 1/26テーマコード (参考)
5H002

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-239788 (P2002-239788)
(22) 出願日 平成14年8月20日 (2002.8.20)(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(71) 出願人 594183299
株式会社松尾製作所
愛知県大府市北崎町井田27番地1
(74) 代理人 100070150
弁理士 伊東 忠彦
(72) 発明者 寺田 康晴
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72) 発明者 関富 勇治
愛知県大府市北崎町井田27番地の1 株式会社松尾製作所内
Fターム(参考) 5H002 AA07 AB01 AB07 AE06 AE07
AE08

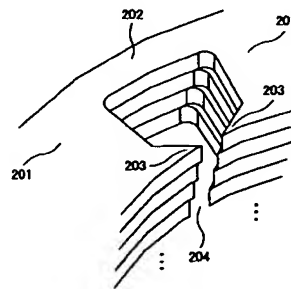
(54) 【発明の名称】 電動機用ステータコア

(57) 【要約】

【課題】 トルクリップル及びインダクタンスを悪化させずに、低コギングトルクを実現するステータコア及びそれを備えた電動機を提供すること。

【解決手段】 円環状のステータコア板を積層して成るインナーロータ型電動機のステータコアにおいて、内周面上に放射状に延びる複数の磁極ティースが略等間隔で配置され、上記磁極ティースは先端両側に薄肉部を有し、該薄肉部は隣りの磁極ティースの薄肉部との間に2.5 mm以下の隙間を有すると共に、上記ステータコア板はスキューされながら積層される。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項1】

円環状のステータコア板を積層して成るインナーロータ型電動機のステータコアであって、

内周面上に放射状に延びる複数の磁極ティースが略等間隔で配置され、

前記磁極ティースは先端両側に薄肉部を有し、

該薄肉部は隣りの磁極ティースの薄肉部との間に2.5mm以下の隙間を有すると共に、前記ステータコア板はスキューされながら積層されることを特徴とするステータコア。

【請求項2】

請求項1記載のステータコアであって、

前記ステータコア板がスキューされる角度が、 360° を極数と2つの磁極ティースによって挟まれた領域であるコアスロットの数との最小公倍数で除した値であることを特徴とするステータコア。

【請求項3】

請求項1記載のステータコアであって、

前記ステータコア板がスキューされる角度が、 360° を2つの磁極ティースによって挟まれた領域であるコアスロットの数の整数倍で除した値であることを特徴とするステータコア。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれか一項記載のステータコアであって、

前記薄肉部の少なくとも一部を上下方向に加工硬化させることを特徴とするステータコア。

【請求項5】

請求項1乃至4のいずれか一項記載のステータコアであって、

前記ステータコア板にだぼが形成され、該ステータコア板はだぼかしめによって積層されると共に、

前記だぼの切り起こしを一層ごとに交互に形成することを特徴とするステータコア。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、概してインナーロータ型の電動機に係り、特に複数のステータコア板がスキューされながら積層されて成るステータコアを有する電動機に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、高占積率化のために分割構造を有する電動機（モータ）が増えている。特に、電気パワーステアリング（EPS）用のモータのように小型化・高性能化が要求されるモータでは、占積率が高いことが望ましい。図1に従来の分割構造を有するステータコアの例を挙げる。いずれも、ティース部により多くの巻線を巻装し、高占積率化を図るものである。

【0003】

図1（a）は、ステータコアが、円環状のコア外周部101と、9つのティースが一体に形成されたコア内周部102とから成る2分割構造を有する例を示す。

【0004】

図1（b）は、直列に連結されたティース・セグメント103を環状体となるように連結部を折り曲げながら全体を丸めて製作されたステータコアの例を示す。

【0005】

図1（c）は、極数に等しい複数のティース・セグメント104が円環状に配置されて成るステータコアの例を示す。この例においては、例えばティース・セグメント104を外周上から焼き嵌めし、円周方向に圧縮力を発生させることによって、円環状を維持することが可能となる。

【0006】

図1(d)は、円環状のコア外周部105に極数に等しい複数のティース部106が嵌め込まれて成るステータコアの例を示す。

【0007】

このように、従来、ティース部に巻線を巻きやすくするための様々な分割構造が提案されている。

【0008】

しかしながら、分割構造を有するステータコアには、ギャップの影響、プレス加工のバラツキ、及び／又は組み付けのバラツキによって、コギングが大きくなるという問題がある。

10

【0009】

すなわち、インナーロータが回転し、その外周上に設けられた磁石部分がティースからティースへ移る際、ステータ側の組み付けバラツキやロータ側の着磁バラツキによってトルクに変動が生じる。これは、ロータ側磁石の磁力が強い場合（例えば、高性能化のためにネオジウム磁石を用いた場合）により顕著となる。

【0010】

このようなコギングトルクは、隣り合うティース先端同士の間隔（換言すれば、隣り合うティースとコア外周部とによって形成されたスロット部分の開口幅）が大きいほど強い。そのため、従来、コギング対策としては、例えば図1(a)及び(d)に示すように、隣り合うティース先端同士を連結させる、或いはスロット開口幅を狭くするなどの方法が採られている。

20

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、電動機のステータコアにおいて、隣り合うティース先端をつなげたり、スロット開口幅を狭めたりすると、電流が切り替わる時に磁束の向きが急激に変化し得る。

【0012】

すなわち、一ティースとロータ側の磁石とが対向するいわゆる電気角0度の直前ではティースからヨーク部へと流れていた磁束が、ちょうど0度となった瞬間に接近若しくは接触しているティース先端同士を伝わって直接隣のティースへ流れてしまう。このように磁束の向きが瞬時に約90°変わると、トルク波形が乱れ、脈動（コギング）が生じる。また、上記ティースからティースへの磁束流によってコイル部分に逆起電力が生じ、電流波形が乱れる。すなわち、トルクリップルが悪化する。

30

【0013】

また、コイルのインダクタンスも悪化するため、不要な電圧が発生し、応答性が悪化する。応答性の悪化は、EPS用のようなフィーリングを重視する高性能モータにとって特に好ましくない。また、インダクタンスの悪化により、モータ音が大きくなる可能性もある。

【0014】

本発明はこのような課題を解決するために為されたものであり、トルクリップル及びインダクタンスを悪化させずに、低コギングトルクを実現するステータコア及びそれを備えた電動機を提供することを目的とする。

40

【0015】

【課題を解決するための手段】

本発明の一態様は、円環状のステータコア板を積層して成るインナーロータ型電動機のステータコアであって、内周面上に放射状に延びる複数の磁極ティースが略等間隔で配置され、上記磁極ティースは先端両側に薄肉部を有し、該薄肉部は隣の磁極ティースの薄肉部との間に2.5mm以下の隙間を有すると共に、上記ステータコア板はスキューされながら積層されることを特徴とするステータコアである。

【0016】

この態様において、ステータコア板がスキューされる角度は、例えば、 $360^\circ \div (\text{極数})$

50

とコアスロット数との最小公倍数)、又は $360^\circ \div$ (コアスロット数の整数倍)である。

【0017】

この態様によれば、積層されるステータコア板を、各ステータコア板から発生するトルクリップルの波形をすべて重ねると互いに打ち消しあって0になるようにスキューさせることによって、トルクリップルを0とすることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0019】

(実施の形態1)

まず、図2を参照して、本発明の実施の形態1に係るインナーロータ型電動機のステータコアについて説明する。図2は、本実施形態に係るステータコア200の上面概略図である。

【0020】

図2に示すように、ステータコア200は、大きく分けて、巻線がその周囲に巻装されるティース部201と、ティース部201を円環状につなぐヨーク部202とから成る。ティース部201の先端両側には薄肉部203が設けられており、隣り合うティース部201間に巻線が巻装される空間であるスロット部204を形成している。

【0021】

ステータコア200は、複数の(例えば60~70枚の)ステータコア板が積層されて形成される。各ステータコア板の厚さは例えば0.5mmである。

【0022】

隣り合う薄肉部203間の隙間(図中の幅A)をここではスロット開口幅と呼ぶ。本実施形態では、このスロット開口幅Aを2.5mm以下(例えば、0.8mm)とする。すなわち、スロット開口幅Aを0~2.5mmとする。これは、発明者らが知得したスロット開口幅Aに対する最適な数値範囲である。これにより、発生するコギングトルク及びトルクリップルの双方を所定の水準以下に抑えることができる。

【0023】

本実施形態において、ティース部に巻線を巻装する方法は任意でよい。例えば、いわゆる「ノズル巻き」によって巻装できる。また、巻線の線径がスロット開口幅Aより太い場合には、いわゆる「フック巻き」によって巻装できる。

【0024】

さらに、巻線の線径がスロット開口幅Aより太く、且つスロット開口幅Aが0の場合には、出願人が既に特許出願済みのいわゆる「通し巻き」によって巻装できる。通し巻きを行う場合、折り返し部分を引っ張ると作業効率が良い。これを図3を用いて説明する。巻線301を通し巻きにより巻装する際、両端固定部302で巻線301を固定すると共に、図中に矢印Fで示すように、巻線301の折り返し部分を引っ張る。これにより、サイクルタイムの向上が図れる。

【0025】

なお、本実施形態では、ティース部とヨーク部とが一体となったステータコアを例に挙げて説明したが、当業者には明らかなように、本実施形態は分割構造を有するステータコアについても同様に成立し得る。

【0026】

また、本実施形態において、図にはスロット部が12個設けられた構成について示したが、3相モータであれば、スロット数は任意の3の倍数(例えば、18スロット)でよい。

【0027】

さらに、本実施形態において、スロット開口幅Aが0の場合、ティース先端同士が接触していてもよく、複数のティースが連結して一体として形成されていてもよい。

【0028】

(実施の形態2)

次いで、図4乃至6を用いて、本発明の実施の形態2について説明する。本実施形態に係るステータコアは、上記実施の形態1と同様に、2.5mm以下のスロット開口幅を有する。

【0029】

但し、本実施形態においては、ステータコア板を積層してステータコアを形成する際に、各ステータコア板をスキューさせながら螺旋状に積層し、スロット開口部が軸方向について丁度重ならないようにする。すなわち、ステータコア全体の外周は合わせたまま、ステータコア板をコア中心軸（同心軸）周りに少しずつ回転方向にずらしながら積層する。

10

【0030】

このスキューさせながら積層させた状態を図4を用いて説明する。図4は、1つのスロット開口部に着目し、それを内周側から見た部分拡大図である。

【0031】

スキューさせずに積層させた場合（例えば、上記実施の形態1の場合）、図4(a)に示すように各ステータコア板のスロット開口部の位置は軸方向に揃っている。

【0032】

他方、本実施形態のようにスキューさせた場合、図4(b)に示すように、スロット開口部は少しずつずれる。図5は、この状態における一スロット開口部についての拡大上面図であり、図6は、その斜視図である。

20

【0033】

本実施形態においては、スロット開口部をスキューさせることによって、トルクリップルを低減・抑制することができる。

【0034】

前述のように、トルクリップルは、インナーロータの磁石部がスロット開口部を通過する際に発生する。図4(a)の場合、すべてのステータコア板についてのトルクリップルが略同時に発生すると言える。

【0035】

ここで、スロット開口部の位置をステータコア板毎に少しずつずらせば、各ステータコア板から発生するトルクリップルの波形も少しずつずれることになる。そこで、本実施形態においては、各ステータコア板から発生したトルクリップルの波形をすべて重ねると、互いに打ち消しあって結果として0になるような角度で各ステータコア板をスキューさせる。これにより、トルクリップルを0とすることができる。

30

【0036】

例えば、コギングのうち、ローター回転あたり極数とコアスロット数との最小公倍数発生する成分をスキューによって打ち消し、その影響を排除したい場合、軸方向についてステータコアの上面と下面とでスキュー角（すなわち、一番上のステータコア板と一番下のステータコア板とのずれ角）が $360^\circ \div (\text{極数とコアスロット数との最小公倍数})$ となるようにスキューさせる。

【0037】

また、一体型のステータコアでは、コギングがもっぱらロータ側の欠陥（例えば、磁石間での磁力のバラツキ）による成分（以下、ロータ欠陥成分という）による場合も考えられる。その場合、ロータ欠陥成分はローター回転あたりコアスロット数分発生する。そこで、コギングのうち、このロータ欠陥成分を打ち消し、その影響を排除するために、上記スキュー角を $360^\circ \div (\text{コアスロット数の整数倍})$ とすることも可能である。

40

【0038】

なお、ここではステータコアをスキューさせる場合について説明したが、ステータ側をスキューさせることに代えて或いは加えて、ロータ側の磁石の配置をスキューさせてもよい。ロータ側のスキューは、例えば、セグメント状の磁石を捻ってもよく、リング磁石の極の配置を螺旋状にしてもよい。また、磁石を軸方向に2分割にし、それらを軸周りに回転

50

させてずらして配置することによりスキューを実現してもよい。この場合のスキュー角もコギングが低減するように任意に定めることができ、例えば、上述のように、 $360^\circ \div$ (極数とコアスロット数との最小公倍数) でもよく、 $360^\circ \div$ (コアスロット数の整数倍) でもよい。

【0039】

(実施の形態3)

次いで、図7を用いて、本発明の実施の形態3について説明する。本実施形態は、上述の実施の形態1又は2と略同様の構成を採る。但し、本実施形態においては、ティース部の薄肉部の少なくとも一部をプレス加工によってつぶし、加工硬化させる。

【0040】

図7(a)は、ティース部201が一体となっている(すなわち、薄肉部203が連結している)1枚のステータコア板において、隣り合うティース部201の間の略中央の部分がプレス加工によって上下方向につぶされ、凹部701が形成されている状態を示す。このようなステータコア板をスキュー無しで積層させた場合の内周側からの概略を図7(b)に、スキューさせながら積層させた場合の概略を図7(c)にそれぞれ示す。

【0041】

ステータコア板の厚さが例えば0.5mmの場合、凹部701における板厚は例えば0.25mmである。

【0042】

このように薄肉部203の一部を加工硬化させると、その部分の磁気的特性が悪化するため、図中に矢印で示すようなティースからティースへの電流が流れにくくなる。

【0043】

すると、磁束が少ない時(電流が流れていない時)には、スロット開口幅を2.5mm以下にした効果としてトルクコギングが低下すると共に、磁束が多い時(電流が流れている時)には、電流が薄肉部203ではなくティース部201及びヨーク部202を通るようにすることができる。

【0044】

このように電流が流れている時に薄肉部203から隣りの薄肉部203へ電流が流れにくくすることによって、不要な磁束の発生を抑制すると共に、インダクタンスを低下させることができる。したがって、応答性が向上すると共に、磁束の流れがスムーズになることによってトルクリップルの増加を防ぐことができる。

【0045】

なお、上記本実施形態の説明においては、凹部701が隣接するティース部201の略中央に1箇所設けられる態様について例に挙げたが、当業者には明らかなように、薄肉部203を通じてのティースからティースへの電流を抑制するという本実施形態の目的が達成されるのであれば、プレス加工によって形成される凹部701の個数、形状、サイズ、及び配置は任意であり、図示した態様に限られるものではない。

【0046】

また、本実施形態は、スロット開口幅が存在する(すなわち、0より大きい)場合であっても同様に実現できることは明らかである。

【0047】

(実施の形態4)

次いで、図8を用いて、本発明の実施の形態4について説明する。本実施形態は、前述の実施の形態2と同様にステータコア板がスキューされながら積層される態様であって、且つ積層されたステータコア板がだぼかしめによって結合される場合を前提とする。打ち出し(ポッチ)を圧入する穴側をほそ長いスリット状にすることによって、だぼかしめによるスキューさせながらの積層が実現される。

【0048】

前述のように、ステータコア板をスキューさせながら積層させるとき、スキュー角度はコギングやトルクリップルの値を注視しながら任意に設定できることが好ましい。しかしな

10

20

30

40

50

がら、だばかしめでは急激なスキュー（例えば、全体で半スロット分のずれに相当するスキュー）は実現できるものの、これはトルクの低下を招くため、好ましくない。そこで、わずかな角度だけスキューさせようとする、図8（a）に示す積層の一例において丸で囲んだ箇所のように、プレスによるRの角が干渉し、所望のスキュー角が実現できない場合が生じ得る。

【0049】

そこで、本実施形態においては、だばを交互に起こすことで0度からのスキュー角調整を可能とする。この様子を図8（b）に示す。だばは少なくとも1枚おきに設け、Rの影響を受けない形状とする。ここで、1枚おきの場合には2枚をまとめてかしめることになるが、スキューさせながらの積層であるため、1枚ごとにかしめれば足りる。

10

【0050】

このように、本実施形態によれば、任意のスキュー角を実現することができる。

【0051】

以上、実施の形態1～4を用いて説明したように、本発明によれば、トルクリップル及びインダクタンスを悪化させずに、コギングトルクを低く抑えることができる。

【0052】

なお、磁石は高コストのため、軸方向について磁石長がステータコア長より短く設計される場合が多いが、その場合磁石長のバラツキによりコギングが発生する可能性がある。

【0053】

そこで、図9に一構成例を示すように、磁石長をステータコア長よりも長くする態様が考えられる。図9は、モータ全体の概略断面図である。本発明の実施に加えて、図示するように、ロータ901に設けられた磁石902の軸方向長さをハウジング903側に設けられたコア904の長さよりも長くすることによって、より一層のコギング低下を図ることができる。

20

【0054】

また、本発明の実施に加えて、ステータコア板製造時にファインブランキングを用い、せん断面率（せん断面長さ／板厚）の向上を図ってもよい。

【0055】

例えば、図10（a）に一例を示すステータコア板1001において、Pで示す側とQで示す側とではパンチとダイのずれによりせん断面率が異なる可能性がある。せん断面率が異なるとステータコアと磁石とのエアギャップが不均一となり、コギングの原因となる。そこで、板材からステータコア板を打ち抜く工程において、せん断面率を高めることが可能なファインブランキングを用いることが考えられる。

30

【0056】

ここで、ファインブランキングを用いると、図10（b）に示すように、プッシュバックによりステータコアの内側部分W、すなわち不要な部分も戻ってしまう。しかし、一旦不要な内側部分Wを板材から落とす工程（図10（c））を入れてから、次いで必要なステータコア部分を落とし（図10（d））、積層するようにすれば足りる。

【0057】

【発明の効果】

本発明によれば、トルクリップル及びインダクタンスを悪化させずに、低コギングトルクを実現するステータコア及びそれを備えた電動機を提供することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の分割構造を有するステータコアの構成例を示す概略図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係るインナーロータ型電動機のステータコアの上面概略図である。

【図3】本発明の実施の形態1における通し巻き実施方法を説明するための模式図である。

【図4】本発明の実施の形態2に係る積層されて成るステータコアの一スロット開口部を内側から見た部分拡大図である。

50

【図５】本発明の実施の形態２に係る積層されて成るステータコアの一スロット開口部を上から見た部分拡大図である。

【図６】本発明の実施の形態２に係る積層されて成るステータコアの一スロット開口部を斜めから見た部分拡大図である。

【図７】本発明の実施の形態３に係るティース薄肉部の一部が加工硬化されたステータコアを示す概略図である。

【図８】本発明の実施の形態４に係るだぼかしめ方法を説明するための模式図である。

【図９】磁石長をステータコア長よりも長くした場合のモータ全体の構成を示す概略断面図である。

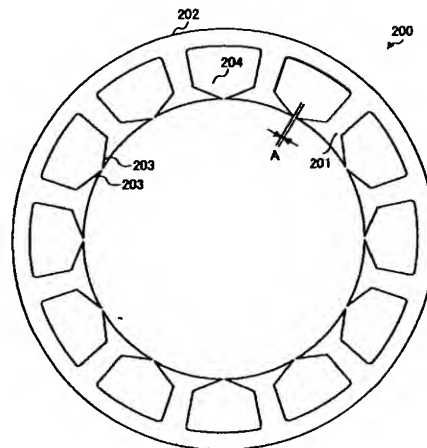
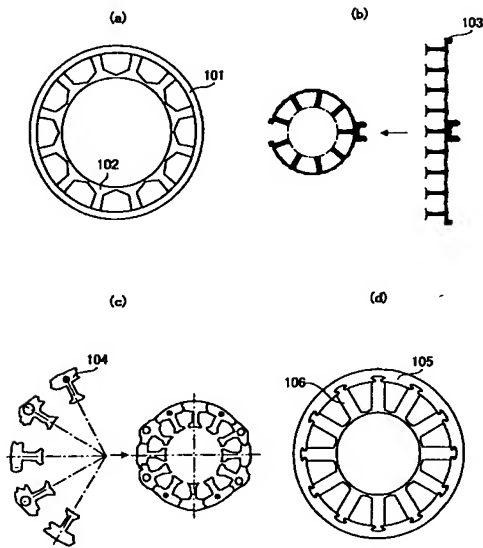
【図１０】本発明に係るステータコア板をファインブランキングで製造する方法を説明するための模式図である。

【符号の説明】

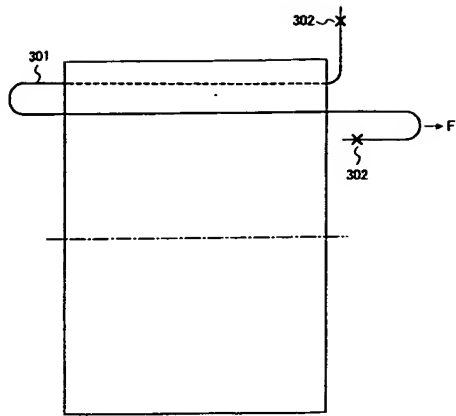
- ２００ ステータコア
- ２０１ ティース部
- ２０２ ヨーク部
- ２０３ 薄肉部
- ２０４ スロット部
- ３０１ 巻線
- ３０２ 両端固定部
- ７０１ 凹部
- ９０１ ロータ
- ９０２ 磁石
- ９０３ ハウジング
- ９０４ コア
- １００１ ステータコア板

【図１】

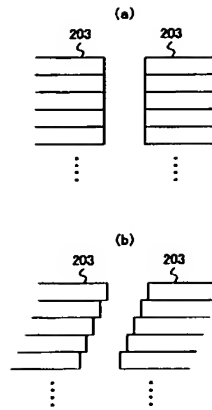
【図２】



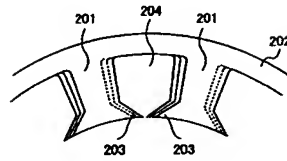
【図 3】



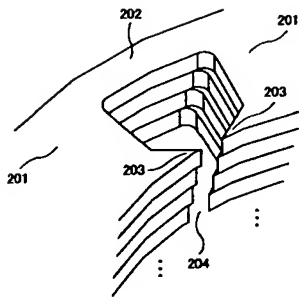
【図 4】



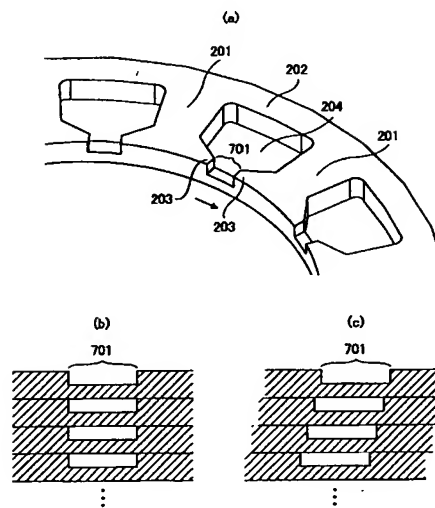
【図 5】



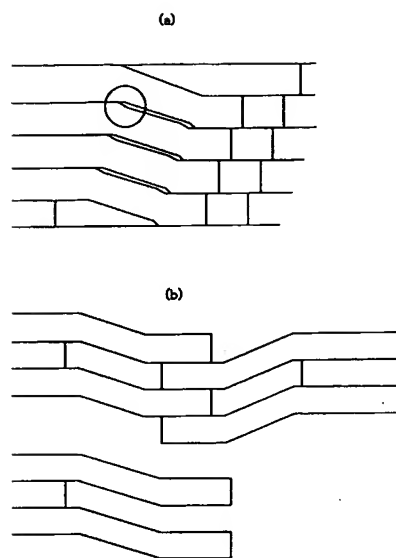
【図 6】



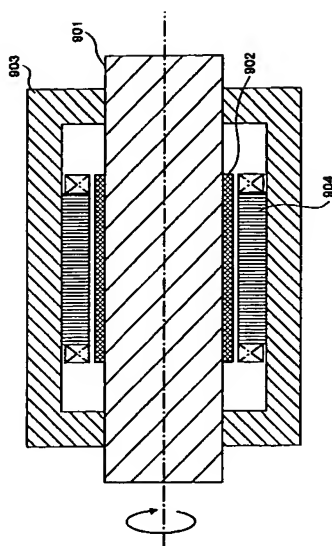
【図 7】



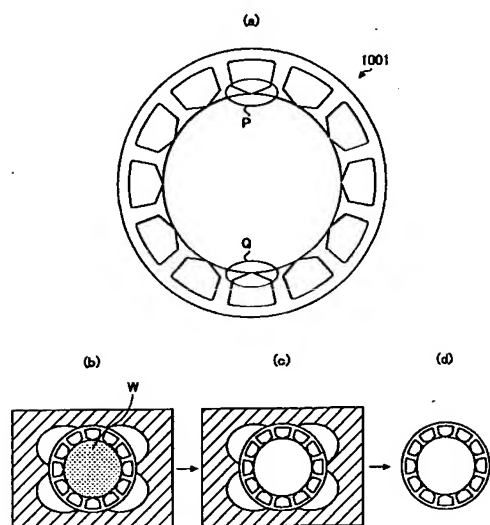
【図 8】



【図 9】



【図 10】



PAT-NO: JP02004080944A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2004080944 A
TITLE: STATOR CORE FOR MOTOR
PUBN-DATE: March 11, 2004

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TERADA, YASUHARU	N/A
KANFU, YUJI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOYOTA MOTOR CORP	N/A
MATSUO SEISAKUSHO:KK	N/A

APPL-NO: JP2002239788
APPL-DATE: August 20, 2002

INT-CL (IPC): H02K001/26

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a stator core which realizes low cogging torque without causing degradation of torque ripple and inductance, and to provide a motor equipped with the stator core.

SOLUTION: Related to the stator core of an inner rotor type motor, where annular stator core plates are laminated, and a plurality of radial magnetic pole teeth are disposed with similar intervals on an inner peripheral surface. The magnetic pole teeth has a thin-walled part on both ends at tip. The thin-walled part has a gap of 2.5 mm or smaller from the thin-walled part of an adjoining magnetic pole teeth. The stator core plates are laminated, while

being skewed.

COPYRIGHT: (C) 2004, JPO